

НАПРАВЛЕНИЯ В СОЗДАНИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ ШПУРОВ

О. Д. Алимов

Для бурения шпуров в породах средней крепости ($f = 4-10$ по шкале проф. М. М. Протодяконова) в горной и строительной промышленности СССР наибольшее распространение получили колонковые электросверла. Эти сверла устанавливаются на специальных колонках, раскрепляемых между почвой и кровлей горных выработок.

В СССР серийно выпускается два типа колонковых электросверл: ЭБК-2м и ЭБК-2А, характеристика которых приведена в табл. 1. Кинематическая схема и конструктивное оформление

Таблица 1

Техническая характеристика сверл	Типы электросверл			
	ЭБК-2м	ЭБК-2а	ЭСГП-3	ПЭБ-2
Мощность двигателя (часовая) <i>квт</i>	2,7	2,7	3,0	4,5
Число оборотов двигателя в минуту	2930	2900	2850	2800
Число оборотов шпинделя в минуту	123 408*	119 426*	140 и 290	415
Скорость подачи при бурении, <i>мм/мин</i>	100 1200*	107 383*	100 2500	0 2000
Скорость обратного хода, <i>мм/мин</i> .	—	—	0—1600	—
Усилие подачи, <i>кг</i>	600	600	1500	500—600
Величина подачи шпинделя, <i>мм</i> . .	895	950	900	400
Вес, <i>кг</i>	120	120	100	134
Габаритные размеры, <i>мм</i> :				
длина	1500	1490	1560	1463
ширина	382	382	420	353
высота	378	360	308	424

* Скорость вращения и скорость подачи изменяется за счет смены зубчатых колес.

сверл одинаковы [1]. В колонковых сверлах типа ЭБК-2м электрический привод редуктора механизма подачи и вращения, предохранительная муфта и выключатель смонтированы в одном корпусе из алюминиевого сплава. Для установки на колонке или манипуляторе сверло снабжено двумя цапфами. В качестве при-

вода служит асинхронный короткозамкнутый электродвигатель с часовой мощностью 2,7 квт.

Для вращения и подачи бурового инструмента в сверле ЭБК-2м используется винтовой дифференциальный механизм (рис. 1), который широко применяется и в других бурильных машинах. Подача бурового инструмента на забой относительно неподвижного корпуса сверла осуществляется за счет разности скоростей вращения винта — шпинделя 1 и ходовой гайки 2. Вращение ходовому винту передается от электродвигателя 3 через трехступенчатый зубчатый редуктор (зубчатые колеса 4—9) и втулку 10. Втулка 10 соединяется с зубчатым колесом 9 и имеет на внутренней поверхности два шпоночных выступа, которые

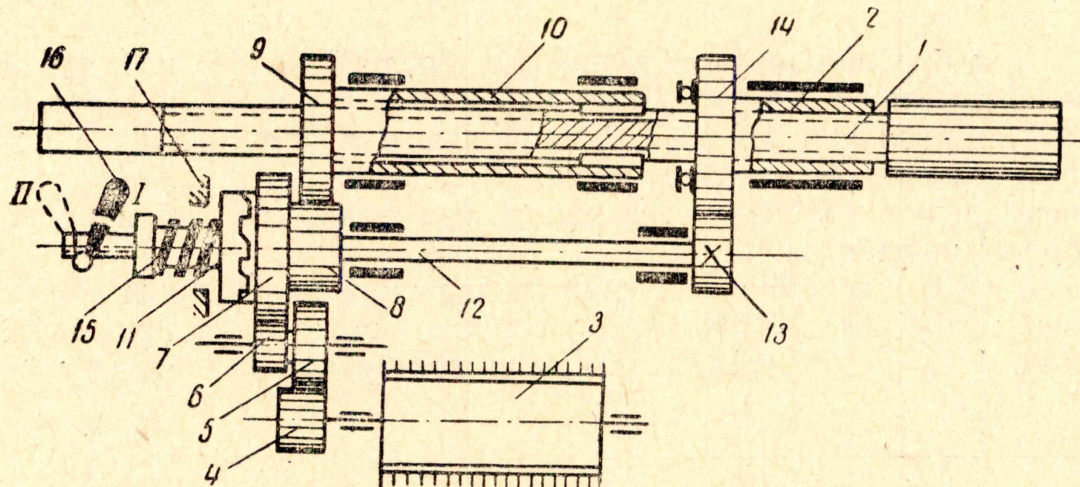


Рис. 1. Кинематическая схема сверла ЭБК-2 м:

1 — шпиндель; 2 — гайка подачи; 3 — двигатель; 4—9, 13, 14 — зубчатые колеса; 10 — втулка; 11 — кулачково-фрикционная муфта; 12 — вал; 15 — пружина фрикционной муфты; 16 — рукоятка управления; 17 — корпус сверла.

входят в шпоночные канавки ходового винта 1, профрезерованные вдоль всей его длины. Изменение числа оборотов шпинделя винта осуществляется сменой зубчатых колес 4—7. Гайка 2 вращается от того же двигателя, что и ходовой винт, через зубчатый редуктор колеса 4—7, предохранительную кулачково-фрикционную муфту 11, вал 12 и зубчатые колеса 13, 14. Винт и гайка имеют левую резьбу с шагом 20 мм. Передаточные отношения редукторов подобраны таким образом, что при бурении гайка 2 обгоняет винт 1 и подает его вместе с буровым инструментом на забой. Скорость подачи бурового инструмента определяется по формуле

$$V_1 = h(n_1 - n_2) \text{ мм/мин},$$

где h — шаг винта, мм;

n_1 — число оборотов гайки в минуту;

n_2 — число оборотов винта в минуту.

Скорость бурения может изменяться за счет смены зубчатых колес 13, 14, а также за счет проскальзывания дисков фрикци-

онной муфты. Фрикционная муфта при помощи предварительной затяжки пружины 15 регулируется на передачу подающей гайке 2 определенного крутящего момента. Заводская настройка фрикционной муфты обеспечивает усилие подачи 600 кг. Если в процессе бурения возникает большее сопротивление, то диски муфты проскальзывают и скорость подачи уменьшается. Тем самым механизм сверла предохраняется от перегрузки.

Быстрый отвод инструмента от забоя для смены инструмента или после окончания бурения шпура осуществляется за счет затормаживания части механизма, передающего вращение гайке 2. Для этого кулачково-фрикционная муфта при помощи рукоятки 16 отводится до отказа назад (положение рукоятки II). Кулачки муфты выходят из соприкосновения с кулачками зубчатого колеса 7, и муфта затормаживается о корпус редуктора сверла 17.

Так как подвижная часть кулачково-фрикционной муфты соединена шпонкой с валом 12, то вместе с муфтой затормаживается вал 12, зубчатые колеса 13—14 и гайка 2. В этом случае буровой инструмент отводится назад со скоростью $V_2 = \pi n_2$. Практически эта скорость составляет до 6000 мм/мин. Для быстрого подвода инструмента к забою, например после замены инструмента, пользуются тем же приемом, но предварительно реверсируют двигатель. Реверсирование двигателя осуществляется электрическим переключателем барабанного типа, который смонтирован в корпусе сверла.

Таким образом, кинематическая схема бурильной машины с винтовым дифференциальным устройством обеспечивает осуществление всех необходимых при бурении операций (быстрый подвод резца к забою, бурение и быстрый отвод бурового инструмента от забоя). При этом конструкция самой бурильной машины проста и компактна. Этим можно объяснить широкое распространение механизмов подобного типа в бурильных машинах различного назначения.

Недостатком конструкции сверла типа ЭБК-2м является то, что она не позволяет в процессе бурения настроить сверло на оптимальные режимы бурения, так как для этой цели надо произвести замену сменных шестерен. Последнее можно выполнить только после разборки сверла. Вследствие сложности замены зубчатых колес и отсутствия методики выбора оптимальных режимов бурения для различных горнотехнических условий сменными зубчатыми колесами в большинстве случаев на шахтах не пользуются и бурение ведут на тех режимах, на которые сверло настроено на заводе, т. е. со скоростями подачи 180—200 мм/мин.

Вторым недостатком сверл этого типа является недостаточная прочность и малый срок службы машин. Гарантийный срок службы колонковых сверл ЭБК-2м составляет 2 года, но, как показала практика, сверла выходят из строя значительно раньше. Наиболее слабой деталью сверла является гайка ходового

винта, которая выходит из строя из-за интенсивного абразивного износа витков резьбы. Износ гайки усиливается наличием на ходовом винте 2-продольных пазов. Срок службы гайки не превышает 4 месяцев.

За последние годы заводы-изготовители колонковых сверл не достигли существенных результатов в повышении качества деталей и увеличения срока службы сверл.

Продолжительное время одним из основных недостатков сверл типа ЭБК-2м считались их громоздкость и большой вес — 120 кг. Действительно, установка сверл весом 120 кг и более на распорной колонке типа КЭБ, не имеющей специальных приспособлений для перемещения сверла у забоя, является очень трудоемкой операцией. На основании этого многие рационализаторы и исследователи работали над созданием легкого колонкового электросверла. Одним из наиболее удачных вариантов таких сверл является электрическое сверло ЭКМ-2, созданное по предложению проф. Михайлова [7]. В этом сверле, так же как и в сверле ЭБК-2м, для вращения и подачи бурового инструмента применен винтовой дифференциальный механизм, но вес сверла уменьшен почти в 2 раза (65,7 кг вместо 120 кг ЭБК-2м).

Снижение веса сверла было достигнуто за счет ряда конструктивных решений, в том числе за счет применения более компактного фланцевого электродвигателя с обдувом. К сожалению, Конотопский механический завод, выпустивший опытную партию сверл ЭКМ-2, не устранил ряд конструктивных недостатков сверла, присущих каждой новой конструкции, и работы над сверлами данного типа прекратил.

Создать более легкие, чем ЭБК-2м, работоспособные колонковые электросверла с двигателями мощностью $2 \div 2,5$ кВт вполне возможно при условии применения более качественных материалов и более высокой технологии их изготовления. Примером этого является серийно выпускаемое в ГДР сверло Дина-1. Это электросверло имеет устройство, аналогичное ЭБК-2м, такую же мощность двигателя, но вес на 38 кг меньше — 82 кг.

Еще более существенное уменьшение веса колонковых сверл при той же мощности возможно за счет создания для шахт, не опасных по газу и пыли, электросверл не во взрывобезопасном исполнении, а для шахт, опасных по газу и пыли, — сверл с пневматическими ротационными двигателями. Применяя винтовые дифференциальные механизмы и ротационные пневмодвигатели, можно создать колонковые бурильные машины весом 45—50 кг. Однако сверла с пневматическим приводом в ближайшем будущем будут иметь ограниченное применение. В основном такие сверла будут применяться на шахтах, сверхкатегорных по газу и пыли, и шахтах, где имеется достаточно мощное пневматическое хозяйство. Для большинства же угольных шахт Советского Союза, где отсутствует пневмоэнергия, должны быть созданы высокопроизводительные электрические сверла.

При решении этой проблемы задача создания легких колонковых электросверл, по нашему мнению, не должно быть главной и решающей. Существенно повысить производительность труда бурильщиков и скорости проведения выработок невозможно без повышения скоростей бурения. Как показывают исследования режимов вращательного бурения горных пород крепостью $f = 6 \div 12$ [3—5, 11], при современной конструкции бурового инструмента и интенсивном удалении буровой мелочи возможно обеспечить скорости вращательного бурения до 3000 мм в минуту. Это в 15 раз выше скоростей бурения сверлами ЭБК-2м с заводской настройкой. Но для работы на таких режимах сверло должно иметь двигатель мощностью 4—5 квт. Вес же современного электродвигателя такой мощности во взрывобезопасном исполнении превосходит вес сверла ЭБК-2м.

Для обеспечения работы на оптимальных режимах бурильная машина должна иметь достаточно совершенные устройства для регулировки скоростей вращения бура и подачи. Это также приведет к усложнению машины и увеличению ее веса. Учитывая это, проблема уменьшения трудоемкости перестановки бурового оборудования у забоя может решена только за счет создания более совершенных установочных приспособлений — манипуляторов для установки бурильных машин на погрузочных машинах и буровых тележках.

Над созданием электросверл, позволяющих в процессе бурения изменять скорости вращения бура и скорости подачи, работают многие отечественные и зарубежные исследовательские и конструкторские коллективы. В последние годы новые колонковые сверла созданы Кузнецким филиалом «Гипроуглемаш» — ПЭБ (породный электробур) и Конотопским механическим заводом — ЭСГП (электросверло с гидравлической подачей). Основной отличительной особенностью этих сверл является применение гидравлической подачи, которая по замыслу конструкторов должна обеспечить бесступенчатое регулирование усилия и скорости подачи непосредственно при бурении.

Породный электробур ПЭБ-2м [8] состоит из двигателя с механизмом для вращения бурового инструмента и поршневого гидравлического механизма подачи. Вращение бурового инструмента 1 (рис. 2) осуществляется от двигателя 2 мощностью 4,5 квт через двухскоростной трехступенчатый зубчатый редуктор 3. Переключение скоростей и выключение вращения бура осуществляется при помощи блока 4 зубчатых колес.

Зубчатые колеса 5 и 6 при помощи шпонки укреплены на шпинделе 7. Один конец шпинделя при помощи кулачков соединяется с цилиндром подачи 8. На внутренней поверхности второго конца шпинделя имеются выступы, которые входят в пазы на поверхности пустотелого штока 9. В зависимости от зацепления блока 4 зубчатых колес с зубчатым колесом 5 или 6 шпиндель вращается с числом оборотов 192 или 341 в минуту. Одно-

временно со шпинделем 6 вращается цилиндр подачи 9. На конце пустотелого штока подачи укреплен патрон 11 для закрепления бурового инструмента 1. Наличие пустотелого штока позволяет вставить в машину бур длиной $2 \div 2,5$ м, так что часть бура длиной 1,5 м находится внутри пустотелого штока. После того, как шпур будет пробурен на величину хода подачи машины — 400 мм, бурильщик, разжав патрон 11, не вынимая бура 1 из шпура, подает шпindel в крайнее заднее положение. Бур вновь закрепляется в патроне, и бурение шпура продолжается. При длине пустотелого штока подачи 1500 мм и величине хода подачи 400 мм можно без смены штанги пробурить

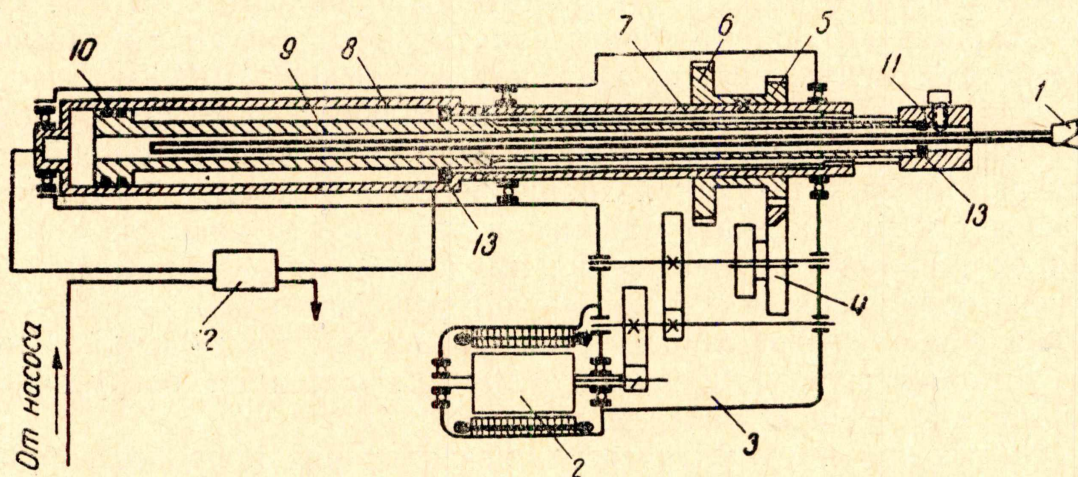


Рис. 2. Кинематическая схема ПЭБ-2 м:

1 — буровой инструмент; 2 — двигатель; 3 — редуктор; 4 — блок зубчатых колес для переключения скоростей; 5, 6 — зубчатые колеса; 7 — шпиндель; 8 — цилиндр; 9 — шток; 10 — поршень; 11 — патрон; 12 — гидрораспределитель; 13 — уплотнения.

шпур на глубину 1,6—1,8 м. Для этого потребуется лишь четыре раза перезакрепить штангу в патроне шпинделя. Такая конструкция соединения бурового инструмента с машиной позволяет несколько сократить время на вспомогательные операции.

Перемещение поршня 10 осуществляется водой, которая подается в цилиндр подачи насосом 12. Часть воды, поступающей в цилиндр через отверстие в буре и буровой коронке, идет на промывку шпура.

Регулировка скорости подачи осуществляется за счет противодействия в полости обратного хода гидравлического цилиндра. Противодействие регулируется дросселем, встроенным в распределитель 12. Для подачи с усилием порядка 600 кг необходимо обеспечить давление в цилиндре подачи 12 атм, а для подачи с усилием 1000—1500 кг соответственно 20—30 атм. Такие давления можно обеспечить только специальным насосом при наличии хороших уплотнений 13 в местах соприкосновения вращающегося цилиндра подачи 8 и штока 9 с корпусом и другими деталями сверла.

Во внутреннее отверстие штанги устанавливается калиброванная пробка, которая не допускает излишнего расхода воды на промывку. Этим поддерживается необходимое давление в цилиндре подачи.

Сверло ПЭБ-2м снабжается водой при помощи отдельного насоса производительностью 40 л/мин при рабочем давлении 15 атм. Для привода такого насоса необходим двигатель мощностью 11 квт. Вес электросверла ПЭБ-2м составлял 130 кг, а вес дополнительной насосной установки около 300 кг.

По нашему мнению, принципиальная схема сверла ПЭБ-2м имеет следующие недостатки: громоздкость сверла вместе с насосной установкой; для нормальной работы сверла необходимы

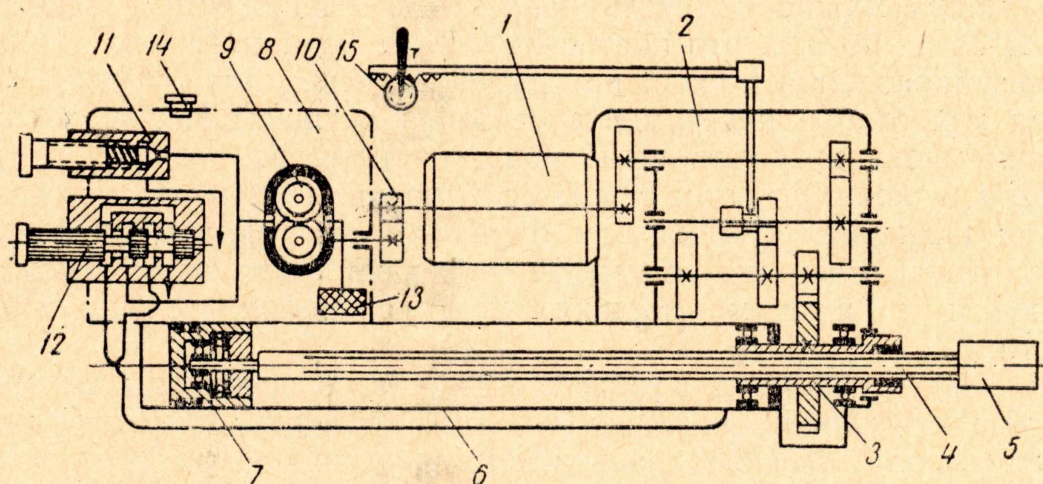


Рис. 3. Кинематическая схема ЭСП-3а:

1 — двигатель; 2 — редуктор; 3 — шпиндель; 4 — шток; 5 — патрон; 6 — цилиндр; 7 — поршень; 8 — резервуар для масла; 9 — шестеренчатый насос; 10 — зубчатые колеса; 11 — дроссель; 12 — гидрораспределитель; 13 — фильтр; 14 — пробка; 15 — рукоятка для переключения скоростей.

сложные по конструкции очень высокого качества уплотнения; применение шахтной воды для гидравлической подачи неизбежно приводит к коррозии цилиндра подачи и частому засорению калиброванных отверстий в буровой штанге.

В отличие от ПЭБ-2м в гидросистеме сверла ЭСП-3а (рис. 3) применяются машинное масло и гидравлическая схема замкнутого типа, привод насоса и механизма вращения бура от одного и того же двигателя. Электросверло ЭСП-3а состоит из электродвигателя 1 с выключателем, двухскоростного редуктора для вращения бура и гидросистемы для подачи. Передача вращения от шпинделя 3 штоку поршня 12 и закрепленному на нем патрону бура 5 осуществляется за счет лысок, профрезерованных на всей длине штока. Такое соединение обеспечивает передачу штоку 2 крутящего момента и свободное продольное перемещение штока 2 относительно шпинделя 1. В отличие от ПЭБ-2м цилиндр 6 и поршень 7 гидроподдачи в ЭСП-3а не вращаются. Шток соединен с поршнем при помощи радиальных

и упорных шарикоподшипников. Такое конструктивное решение несколько упрощает конструкцию уплотнений.

Подача жидкости из резервуара 8, составляющего часть корпуса сверла, в цилиндр подачи осуществляется шестеренчатым насосом. Шестеренчатый насос приводится от двигателя через одноступенчатый зубчатый редуктор, который уменьшает число оборотов с 2700 на валу двигателя до 1000 оборотов на валу насоса. Величина давления в гидросистеме в процессе бурения может регулироваться вручную при помощи перепускного клапана — дросселя 11.

По расчетам конструкторов при принятых параметрах насоса, цилиндра подачи и применения в качестве жидкости веретенного масла можно получить давление в гидросистеме сверла ЭСП-3а до 60 *ати*, что обеспечит усилие подачи 1700 *кг*. Изменение направления подачи инструмента вперед для бурения или назад для отвода инструмента от забоя осуществляется за счет подачи масла в ту или иную полость цилиндра.

При бурении сверлом ЭСП-3а буровая мелочь удаляется из шпура шнековым устройством бура или при помощи промывки. Подача воды для промывки — боковая. Для этого между патроном и штоком поршня устанавливается специальная муфта.

В 1955—1956 гг. в Кузбассе и Донбассе проведены сравнительные испытания колонковых электросверл. Испытывались электросверла ЭБК-2м с заводской настройкой, ЭБК-2м, настроенные на наиболее целесообразные режимы, и новые сверла ПЭБ-2м и ЭСП-3а. Предварительно у сверл ПЭБ-2м и ЭСП-3а при помощи сменных зубчатых колес были подобраны наиболее целесообразные обороты бура. При бурении сверла были установлены с помощью манипуляторов МБМ-1 на погружных машинах. Сравнительные производственные испытания показали [8], что сверла ПЭБ-2м, ЭСП-3а и сверла ЭБК-2м со специальной настройкой обеспечивают бурение шпуров в наиболее крепких для Прокопьевско-Киселевского района горных породах с машинной скоростью 0,6—0,8 *м/мин*. При этом стойкость буровых коронок до переточки при бурении с промывкой составляет $7 \div 17$ *пог. м*, при бурении без промывки — 5—8 *пог. м* шпура. Это в несколько раз превышает стойкость коронок при работе электросверлами ЭБК-2м с заводской настройкой.

Все это является неоспоримым успехом на пути совершенствования существующих и создания новых более производительных машин.

Испытания вскрыли ряд недостатков сверл ПЭБ-2м и ЭСП-3а, из которых, по нашему мнению, принципиальными являются:

1. Сложность конструкции и недостаточное качество уплотнений гидросистем.

2. Мощность электродвигателя сверла ЭСП-3а—2,5 квт оказалась недостаточной для одновременного привода механизма вращения бура и гидросистемы.

3. Стремление к снижению веса электросверл привело к чрезмерному уменьшению прочности отдельных деталей. Так, например, срок службы упорного подшипника гидроцилиндра ЭСП-3а составляет всего 150—250 час.

Устранение перечисленных недостатков неизбежно приведет к увеличению веса отдельных узлов и машин в целом. На основании результатов испытаний Кузнецкий филиал Гипроуглемаша и Конотопский завод улучшают конструкции сверл. Пока же машины ПЭБ-2м и ЭСП-3а являются более сложными в изготовлении и менее надежными в эксплуатации, чем ЭБК-2м.

Результаты сравнительных испытаний сверл типа ПЭБ-2м, ЭСП-3а и сверл ЭБК-2м, настроенных на повышенные режимы, позволили [9] вскрыть еще один существенный недостаток, на который ранее при эксплуатации сверл ЭБК-2м с заводской настройкой не обращали особого внимания. Этот недостаток заключается в том, что при обслуживании кклонковых сверл рабочий бурильщик вынужден затрачивать значительное время на вспомогательные операции. Причем при бурении на повышенных режимах затраты времени на вспомогательные операции превышают затраты времени на собственное бурение. В результате новые машины, имея скорость бурения в 4—5 раз большую, чем сверла ЭБК-2м (настроенные на обычные режимы), сокращают время на обурирование одного забоя только в 1,5—2 раза. Если же сравнить результаты, полученные при испытании новых сверл, с данными испытаний сверл ЭБК-2м, настроенных на наиболее производительные режимы, то оказывается, что преимущества новых сверл по производительности еще менее существенны. Увеличение скорости бурения новыми сверлами по машинному времени составляет не более 18%, а повышение производительности по общему времени (без простоев) не более 15%.

Из рис. 4 видно, насколько большой удельный вес по времени в цикле бурения занимают такие вспомогательные работы, как замена бурового инструмента, кайловка, настройка сверла и забурирование. При бурении сверлами ЭСП-3а, ПЭБ-2 и ЭБК-2м, настроенными на оптимальные режимы, общее время вспомогательных работ примерно в 3 раза больше машинного времени бурения. Повышение времени вспомогательных работ над временем собственно бурения не позволяет одному рабочему обслуживать несколько машин, что было возможным при бурении сверлами ЭБК-2м, настроенными на обычные режимы. Все это неблагоприятно сказывается на производительности труда рабочих и значительно снижает эффект применения новых, более сложных и дорогих сверл типа ЭСП-3а и ПЭБ-2м.

На основании приведенных выше данных видно, что добиться резкого увеличения производительности труда при бурении

можно только при одновременном улучшении режимов бурения и резком снижении продолжительности таких вспомогательных работ, как замена инструмента, настройка сверла на бурение и забуивание.

Для осуществления этого, по нашему мнению, [9], при создании новых высокопроизводительных сверл необходимо отказаться от существующей принципиальной схемы колонковых сверл, являющейся одной и той же как для сверла ЭБК-2м, так и для вновь созданных сверл ЭСП-3а и ПЭБ-2м. Сущность этой схемы заключается в том, что собственно бурильная машина (двигатель, редуктор) укрепляется на колонке или манипуляторе и при бурении остается неподвижной. Шпиндель машины с буровым инструментом, помимо вращательного, совершает поступательное движение при помощи специальных устройств (дифференциально-винтового в ЭБК-2м или гидравлического в ПЭБ-2м и ЭСП-3а устройства). Максимальная величина хода подачи в таких сверлах не превышает 900 мм.

Как отмечалось выше, основным преимуществом этой схемы является возможность создания сверл наиболее компактных и легких по весу.

Кроме того, основанием для создания по такой схеме колонковых сверл в прошлом являлось то обстоятельство, что для бурения применялись резцы из углеродистой стали. Быстрое затупление таких резцов требовало при бурении одного шпура 3—4 раза сменить буровой инструмент. Ввиду этого величину максимального хода шпинделя буровых машин выбирать больше 700—900 мм было нецелесообразно.

В настоящее время такой способ бурения не может обеспечить наиболее полное использование преимуществ современного бурового инструмента и повышенных режимов бурения из-за значительных затрат времени на вспомогательные работы. Бурение ведется резцами, армированными твердыми сплавами, которые при рациональных режимах бурения с промывкой позволяют без замены пробурить в породах крепостью $f=6 \div 8$ от 5 до 8 м шпуров. В связи с этим открылась возможность устранить промежуточные трех-четыrehкратные замены инструмента при бурении каждого шпура и тем самым резко сократить затраты времени на вспомогательные работы. Для этого необходимо создать машины с непрерывной подачей инструмента на всю длину шпура — 1,8—2,0 м. Получить такой ход инструмента в сверлах, созданных по отмеченной выше принципиальной схеме сверл ЭБК-2м, ЭСП-3а, ПЭБ-2м, возможно. Но при длине бура 2 м без дополнительных приспособлений для поддержания и направления бура процесс начала бурения (забуивание) будет связан со значительной затратой времени, массовой поломкой инструмента и неизбежным травматизмом. Создать же для таких сверл надежные и достаточно компактные приспособления для забуивания трудно.

Кроме того, увеличение хода шпинделя до 2 м невыгодно сказывается на общих габаритах и весе такой машины. Длина машины при величине подачи 2 м будет составлять примерно 2,6—2,7 м, а установочные ее габариты в забое вместе с инструментом 4,8—5 м. Натолкнувшись на эти недостатки, конструкторы сверла ЭСП лишь незначительно увеличили ход подачи, приняв его 900 мм против 890 в ЭБК-2м, что не устранило в процессе бурения одного шпура трехкратную смену штанг. Замена полной смены инструмента перезакреплениями его в патроне (сверла ПЭБ-2) также не привела к значительному снижению времени на вспомогательные операции.

Задача уменьшения времени на отмеченные выше вспомогательные операции наиболее просто решается, если колонковые сверла создавать по схеме современных колонковых бурильных молотков, например типа КЦМ-4. Особенностью этой принципиальной схемы является то, что бурильная машина с инструментом перемещается во время бурения по неподвижным направляющим. Длина направляющих может выбираться в зависимости от необходимой глубины шпура и соответствующей ей длины инструмента. Так, для бурения шпуров глубиной 2 м длина направляющих с учетом размеров подающего механизма должна быть около 2,5 м. Эта величина определяет и общую длину бурильной установки в забое. Следовательно, такая машина будет более компактна, чем машины, созданные на основе схем, применяемых в ЭБК-2м, ПЭБ-2м и ЭСП-3а.

Наличие длинных направляющих, близко подходящих к забою, позволяет снабдить такие «длинноходовые сверла» надежными в работе и компактными приспособлениями для направления бурового инструмента. Это, в свою очередь, позволит до минимума сократить время на кайловку, настройку сверла и забуривание. Такие машины должны работать на режимах, обеспечивающих наибольшую скорость бурения.

Для уменьшения трудоемкости работ по перестановке машины от одного шпура к другому длинноходовые машины, так же как и ЭСП-3а, ПЭБ-2м, должны устанавливаться на погрузочных машинах или на специальных буровых тележках при помощи манипуляторов.

Для бурения горных пород малой крепости $f=4 \div 6$ следует создать легкие длинноходовые машины с использованием ручных сверл типа ЭР-5, ЭРП-5 и легких приспособлений для поддержания и подачи сверла.

В табл. 2 приведены технические характеристики рекомендуемых длинноходовых электросверл, составленные с учетом результатов исследования режимов вращательного бурения [2—4, 11] и паспортов буровзрывных работ [10].

На рис. 4 дано сравнение результатов обурирования забоя сверлами ЭБК-2м, ПЭБ-2м и ЭСП-3а с результатами предлагаемых длинноходовых машин, работающих на одних и тех же

Таблица 2

Техническая характеристика сверл	Сверла с электрическим приводом		Сверла с пневматическим приводом для пород средней крепости
	для пород средней крепости	для пород ниже средней крепости	
Мощность электродвигателя, <i>квт</i>	3,5—4,0	1,7—2	4,7—5,4 <i>л. с.</i>
Напряжение, <i>в</i>	127/220	127/220	3,0—3,5 <i>ати</i>
Число оборотов шпинделя об/мин	300—450	450—500	300—450
Диаметр резца коронки, <i>мм</i>	40—42	40—42	40—42
Подача бурового инструмента на один оборот шпинделя, <i>мм/об</i>	2—10	1,0—1,5	2—10
Величина подачи инструмента без его смены, <i>мм</i>	1800—2000	до 2000	1800—2000
Усилие подачи, <i>кг</i>	до 1200	250—300	до 1200
Способ удаления буровой мелочи из шпура	Промывкой с расходом воды до 15 <i>л/мин</i>	Шнеком или промывкой	Промывкой с расходом воды до 15 <i>л/мин</i>
Скорость подачи при обратном ходе, <i>мм/мин</i>	до 10000		до 10000
Вес бурильной машины с податчиком, <i>кг</i>	180—250	25—35	100—120
Способ установки в забое	На погрузочной машине при помощи манипулятора	На погрузочной машине при помощи манипулятора или др. приспособлениях	На погрузочной машине при помощи манипуляторов

режимах. Из рис. 4 видно, что длинноходовая машина за счет сокращения времени на вспомогательные работы может уменьшить общее время сбурирования забоя по сравнению с теми же показателями при работе ПЭБ-2м в 1,45—1,65 раза и при работе обычными сверлами ЭБК-2м более чем в 3,5 раза.

Не менее важным достоинством длинноходовой машины является то, что время вспомогательных работ у нее меньше машинного времени. Вследствие этого один рабочий может обслуживать две бурильные машины. Дополнительное увеличение производительности труда может быть достигнуто при увеличении глубины шпуров до 3—3,5 м. Для эффективного использования длинноходовых машин в этом случае потребуется лишь соответственно увеличить длину направляющих без изменения остальной конструкции машины. Эффект от применения длинноходовых сверл при проходческих работах будет тем больше, чем более совершенная техника и организация труда будет применяться при других операциях проходческого цикла.

Помимо длинноходовых сверл с электрическим приводом, для условий угольных и рудных шахт должны выпускаться длинно-

ходовые бурильные машины с пневматическим и гидравлическим приводом. В частности, для условий проведения выработок в Кузбассе длинноходовые сверла с электрическим приводом наиболее целесообразно применять на шахтах 1-й и 2-й категории по газу и пыли; с пневматическим приводом — в шахтах 3-й категории и сверхкатегорных; а с гидравлическим приводом — в шахтах и участках, где выемка и транспортировка угля осуществляются гидравлическим способом.

Сверла могут иметь или общий привод для вращения и подачи, или индивидуальные приводы (отдельный двигатель для

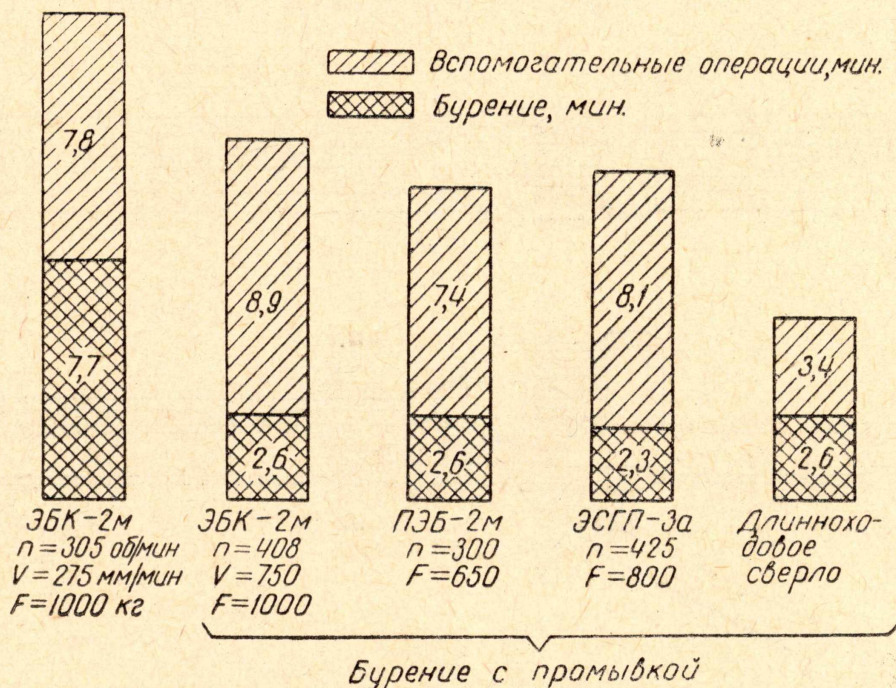


Рис. 4. Затраты времени на бурение одного погонного метра шпура различными электросверлами в горных породах средней крепости.

вращения бура и отдельный для подачи). В качестве механизмов подачи могут применяться винтовые, реечные, цепные и гидравлические механизмы. Тип привода и тип механизма подачи является определяющим для выбора кинематической схемы длинноходовой машины, которая должна быть простой по конструкции и удобной в эксплуатации.

Исследования, проведенные кафедрой горных машин и рудничного транспорта Томского политехнического института, показали, что, несмотря на простоту принципиальных схем длинноходовых бурильных машин, при создании их необходимо решать ряд сложных задач. Наиболее сложной из них является создание подающих механизмов для машин с электрическим приводом.

В ходе решения этих задач автором был предложен ряд принципиальных схем*, на основании которых разработано несколько рабочих проектов бурильных машин. По этим проектам кафедрой горных машин и рудничного транспорта совместно с лабораторией механизации КузНИУИ и заводом ТЭМЗ изготовлены и проходят лабораторные и производственные испытания бурильные машины ЭБР-1, ЭБВ-1 и ДЭПП-1. Все эти машины предназначены для бурения горных пород крепостью $f=6-10$. Вращение бура осуществляется электродвигателем, а удаление буровой мелочи из шпура промывкой или витыми штангами.

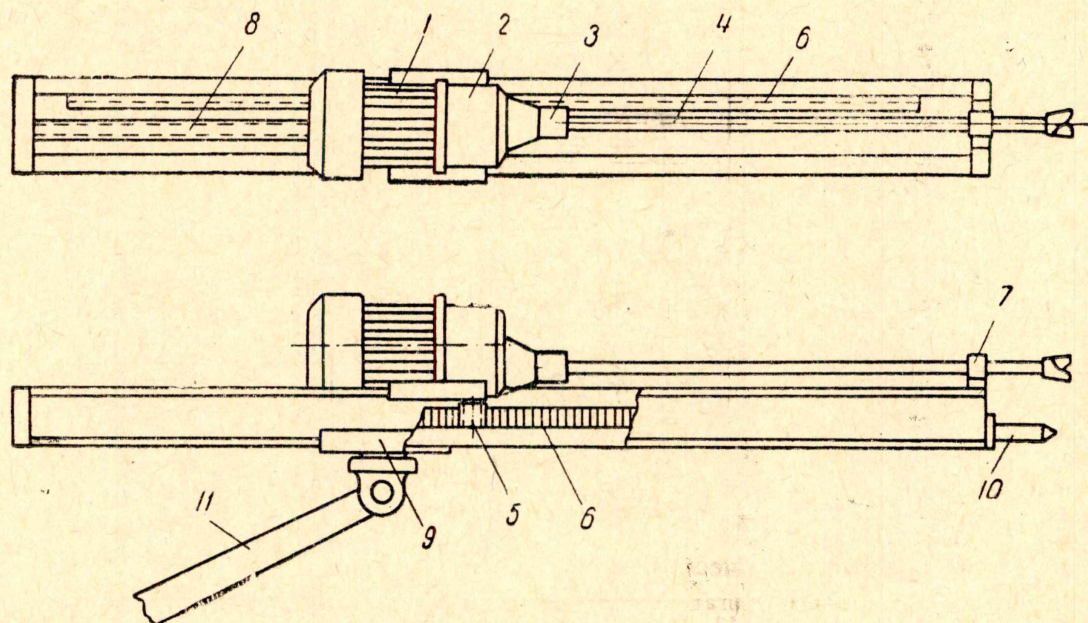


Рис. 5. Электробур с реечной подачей ЭБР-1:

1 — двигатель; 2 — редуктор; 3 — муфта для промывки; 4 — бур; 5 — шестерня подачи; 6 — рейка; 7 — люнет; 8 — винт компенсатора; 9 — салазки; 10 — упор; 11 — стрела манипулятора.

Различие машин заключается в типе и конструкции подающих механизмов.

В электрической бурильной машине с реечной подачей — ЭБР-1 привод вращения и подачи бура является общим. Электробур (рис. 5) состоит из электродвигателя 1 с редуктором 2 и направляющих с рейкой 6. Вращение шпинделя 1 (рис. 6) осуществляется от асинхронного двигателя 2 через двухступенчатый зубчатый редуктор 3—4—5—6—7. Подача сверла по направляющим происходит при качении зубчатого колеса 15 по рейке 16, укрепленной на одной из направляющих машины. Вращение зубчатому колесу 15 передается от двигателя 2 через систему передач 3—4—5—6—19—8—9—10—11—12—14—13 при

* О. Д. Алимов, Отчет «Исследование бурильных машин с целью изыскания средств повышения производительности труда бурильщиков и скорости проведения горных выработок по породе. Томск, 1956. Технический архив КузНИУИ.

бурении или 3—4—5—6—19—8—17—18—14—13 при обратном ходе. Фрикционная муфта 19 является предохранительной. Переключение с прямого хода (скорость которого 0,6—2,0 м/мин) на обратный ход (скорость 4—6 м/мин) и наоборот осуществляется при реверсировании двигателя. Изменение скорости подачи и скорости вращения бура достигается заменой зубчатых колес 3, 4, 11, 12.

Для компенсации отхода бурильной машины от забоя, при перемещении стрелы манипулятора типа МБМ-1, направляющие податчика ЭБР-1 могут перемещаться относительно стрелы манипулятора. Перемещение может осуществляться или винтовой

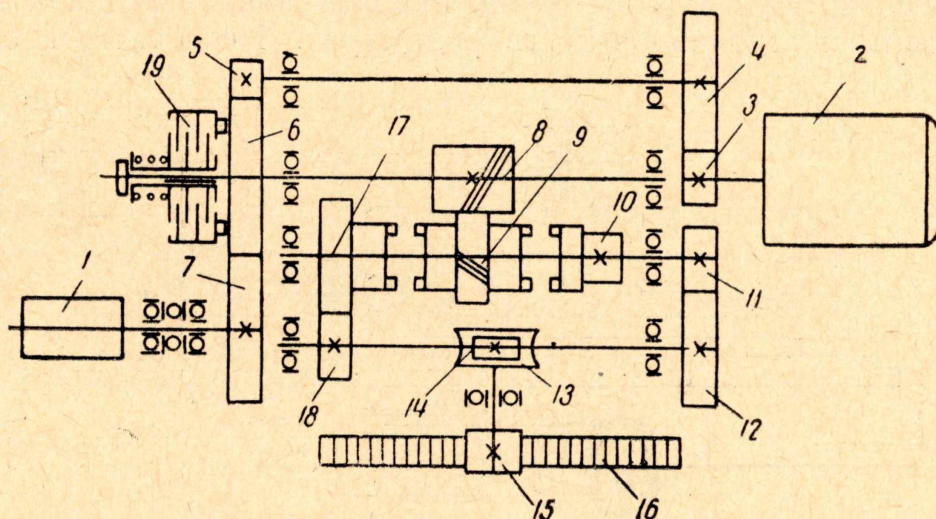


Рис. 6. Кинематическая схема длинноходового сверла ЭБР-1:

1—шпиндель; 2—электродвигатель; 3÷9, 11, 12, 17, 18—зубчатые колеса редуктора; 10—кулачковая полумуфта; 13, 14—червячная передача; 15—зубчатое колесо; 16—рейка; 19—предохранительная муфта.

парсй вручную (рис. 5) или поршневым гидродомкратом. В качестве рабочей жидкости в домкрат компенсатора подается вода, используемая для промывки шпура. Предварительное прижатие направляющих к забою облегчает забуривание и устраняет перекосы бура в шпуре при бурении.

Достоинством машины ЭБР является наличие одного общего привода, а также простота управления машиной. Машина может применяться с современными установочными приспособлениями, например МБМ-1у. Скорость бурения ЭБР-1 изменяется только за счет смены зубчатых колес, что является недостатком бурильной машины. Этот недостаток устранен в другой бурильной машине ЭБВ-1.

Электрическая бурильная машина с винтовой подачей ЭБВ-1 состоит из вращателя бура, винтового податчика с гидравлическим приводом. Конструкция вращателя ЭБВ-1 максимально упрощена и состоит из электродвигателя 1 (рис. 7), одноступенчатого планетарного редуктора 2 и устройства 3 для подвода воды к буру 4. Подача вращателя по направляющим

осуществляется ходовым винтом 5, который приводится гидравлическим двигателем шестеренчатого типа 6 через двухскоростной редуктор 7.

Скорость вращения бура при бурении остается постоянной, могут изменяться скорость и усилие подачи.

Ускоренный обратный ход вращателя и укрепленного в нем бурового инструмента осуществляется за счет реверсирования гидродвигателя. При этом автоматически переключаются скорости в редукторе передачи 7. В качестве гидродвигателя механизма подачи применен шестеренчатый насос от погрузочной машины С-153. Гидросистема рассчитана на рабочее давление 50 атм. Для предварительного прижатия направляющих сверла к забою предусмотрен специальный гидродомкрат. Недостатком сверла

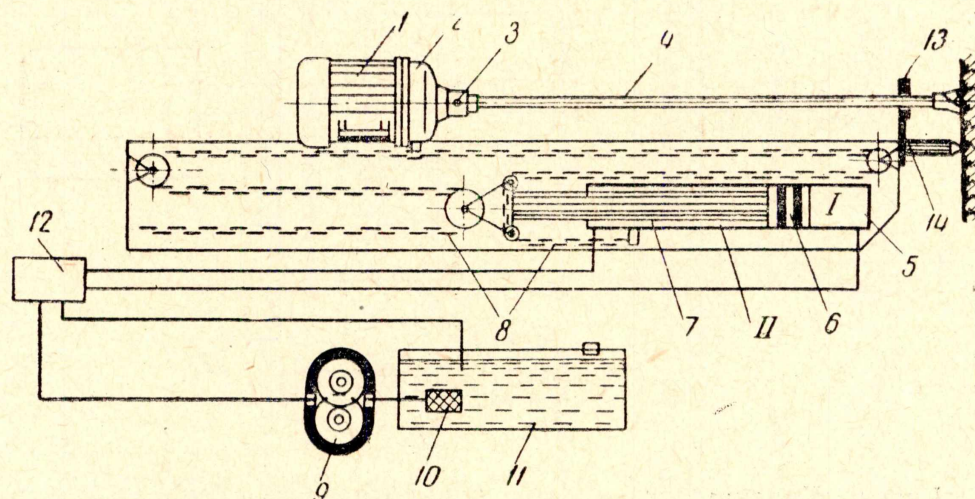


Рис. 7. Кинематическая схема длинноходового сверла ЭБВ-1:

1 — двигатель; 2 — редуктор; 3 — муфта для подвода воды к буру; 4 — бур; 5 — винт; 6 — шестеренчатый насос; 7 — редуктор; 8 — муфта для переключения скоростей; 9 — цилиндр для переключения скоростей; 10 — домкрат; 11 — бак для масла; 12 — фильтр; 13 — насос; 14 — гидрораспределитель.

ЭБВ-1 является сравнительно небольшой к. п. д. винтового механизма подачи и шестеренчатого гидродвигателя. В дальнейшем предполагается заменить шестеренчатый двигатель более экономичным плунжерным двигателем. Изыскиваются и другие принципиальные схемы машин, которые бы не имели указанных недостатков. Одна из таких схем реализована автором в экспериментальном образце длинноходовой электрической машины с гидравлической подачей — ДЭГП-1 (рис. 8). В этой машине так же как и в ЭБВ-1, вращение бура осуществляется электродвигателем 1 с планетарным редуктором 2. Вращатель перемещается по направляющим при помощи поршневого гидродомкрата 5 и цепного удвоителя 8. При рабочем ходе вращателя масло насосом 9 подается в полость I цилиндра 5 гидродомкрата, а при обратном — в полость II. За счет значительного диаметра штока 7 полезная площадь поршня в полости II в 4 раза меньше, чем в полости I. В результате этого при одном и том же количестве подаваемого насосом масла скорость обратно-

го хода сверла в 4 раза больше, чем при бурении. Для осуществления обратного хода с большей скоростью в сверле ЭБВ-1 потребовался специальный двухскоростной редуктор, который усложнил машину. Применение поршневого податчика в машине ДЭГП-1 вместо шестеренчатого двигателя в ЭБВ-1 позволяет также уменьшить затраты мощности на подачу. Однако машина ДЭГП-1 более тяжелая и громоздкая чем ЭБВ-1.

Применение для механизма подачи электросверла гидропривода с неизбежными и довольно сложными дополнительными устройствами (насос с двигателем, регуляторы и распределители и другие элементы гидросистемы) на первый взгляд неоправдано усложняет бурильную машину. Но, если учесть, что наи-

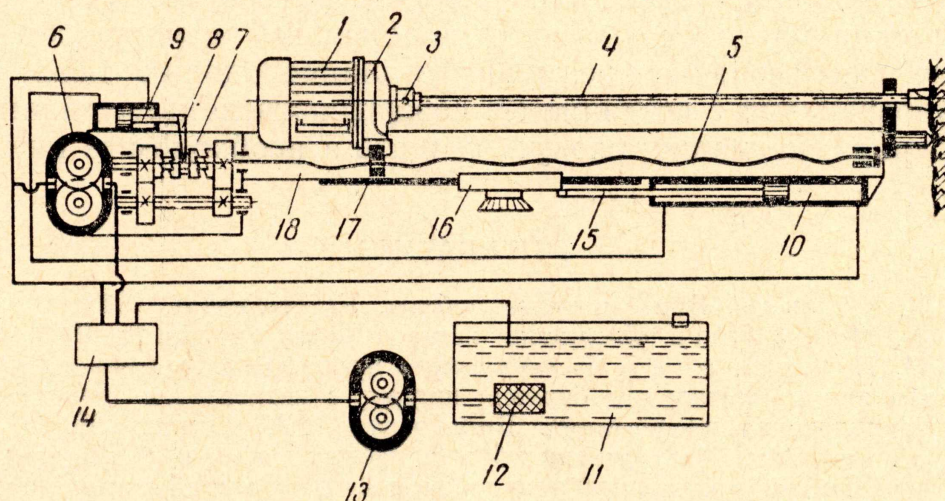


Рис. 8. Кинематическая схема длинноходового сверла ДЭГП-1:

1 — двигатель; 2 — редуктор; 3 — муфта для воды; 4 — бур; 5 — цилиндр для подачи; 6 — поршень; 7 — шток; 8 — цепь удвоителя; 9 — насос; 10 — фильтр; 11 — бак для масла; 12 — гидрораспределитель.

более целесообразным типом привода манипуляторов и ряда других механизмов погрузочных машин и буровых тележек является гидропривод и гидравлическая система в этом случае может быть общей с бурильной машиной, то в этих условиях применение гидропривода для механизмов подачи электросверл будет наиболее целесообразным. При значительной мощности гидронасоса общей гидросистемы вращение бура длинноходового сверла может осуществляться также от гидропривода. Такое решение позволит значительно снизить вес и габариты вращателя бурильной машины. Для уменьшения веса направляющих целесообразно изготовить их клепанными из легких сплавов. Окончательное решение вопроса о наиболее целесообразных конструкциях подающих устройств длинноходовых сверл можно дать только после детальных лабораторных и производственных исследований.

Опыт испытаний и эксплуатации бурильных машин с большими усилиями подачи в СССР и за границей показывает, что

для обеспечения надежной работы таких машин необходимо установить их обязательно на специальных тележках или на погрузочных машинах при помощи манипуляторов. Этот вывод целиком относится к длинноходовым бурильным машинам. Манипуляторы для таких машин должны обеспечивать быстрый перевод машины от одного шпура к другому, быть достаточно прочными и жесткими. Последнее необходимо для предупреждения отклонений машины в процессе бурения от заданного направления и поломки буров при этом. В настоящее время экспериментальные образцы длинноходовых машин устанавливаются на манипуляторах типа МБМ-1, которые имеются на шахтах. Эти манипуляторы вследствие их несовершенства (ручной привод, недостаточная длина стрелы и ненадежное устройство для фиксирования манипуляторов в нужном положении) не могут обеспечить полное использование преимуществ длинноходовых сверл. Поэтому одновременно с созданием и совершенствованием длинноходовых бурильных машин следует создать и необходимые манипуляторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. К. Бучнев. Буровзрывные работы. Углетехиздат, 1955.
 2. В. К. Михайлов. Сверление шпуров. Металлургиздат, 1947.
 3. Г. Н. Покровский. Исследование процесса разрушения горных пород при вращательном бурении шпуров с постоянным усилием подачи. Кандидатская диссертация. Библиотека ТПИ, Томск, 1954.
 4. М. К. Цехин. Исследование буровзрывных работ и повышение их эффективности при проведении горизонтальных выработок по породе на шахтах Прокопьевского рудника. Кандидатская диссертация. Библиотека ТПИ, Томск, 1955.
 5. А. Д. Имас, В. Л. Азарх. Определение режимов бурения горных пород. Углетехиздат, 1952.
 6. Д. П. Духовлинов. Механизация работ на калийных рудниках ГДР. Механизация трудоемких и тяжелых работ, № 6, 1957.
 7. А. Е. Демченкс. Колонковое электросверло ЭКМ-2. Сборник работ ДонУГИ, № 12, 1954.
 8. Ю. К. Аликин. Опытная эксплуатация породных сверл с гидроподачей. Углетехиздат, 1957.
 9. О. Д. Алимов, А. И. Волков. Некоторые направления по созданию высокопроизводительных бурильных машин по крепким породам. Сб. 5. Исследования по горному делу в Кузнецком угольном бассейне. Кемерово, 1957.
 10. О. Д. Алимов, В. М. Захлебный, А. С. Симонов. Основные факторы, определяющие размеры бурильной установки. Известия ТПИ, т. 88, Томск, 1956.
 11. О. Д. Алимов, И. Г. Ляпичев, Я. А. Серов. Исследования режимов вращательного и вращательно-ударного бурения. Статья в данном сборнике.
-

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть	По вине
13	1 сн.	7-10	T-10	Корр.
14	13 сн.	R-754	RH-754	»
28	1 сн.	$A_y = \frac{mV_6^2}{2}$	$A_y = \frac{mV_y^2}{2}$	Авт.
34	18—20 сн.		2 — диаграмма колебаний корпуса молотка; 3—диаграмма углового перемещения бура; 4—диаграмма давления воздуха в задней полости цилиндра молотка; 5 — диаграмма давления в передней полости;	Авт.
35	1 сн.	Scerving Stienze	Serving Science	Ред.
46	14 сн.	изменения	изменении	Тип.
90—91	Рис. 7 и 8	поменять местами, сохранив на месте подрисовочные подписи		Авт.
97	10 сн.	бурильного молотка	автоподатчика	»
107	2—3 сн.	остановки	остановкой	»
156	2 св.	поверхностей	поверхностной	Корр.
166	14 сн.	разбуренным	пробуренным	Авт.
179	9 св.	кинетическую	кинематическую	Корр.
189	5 св.	(59—200 мм)	(50—200 мм)	»
192	10 сн.	расширится	расширителя	Тип.
197	1 св.	кинетики	кинематики	Корр.
198	3—6 св.	Строку пятую читать после второй строки	Строку пятую читать после второй строки	Тип.
199	14 сн.	кинетики	кинематики	Авт.
212	12 св.	Л. Б. Левенмон	Л. Б. Левенсон	Авт.
219	3 сн.	$A = a + h . . . + h.$	$A = a + h . . . + h. (16)$	Корр.
223	3 св.	$-\left(30 \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + 5$	$-30 \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + 5$	Тип.
224	19—20 св.	увеличилась	увеличивалась	Корр.
229	10 св.	АОФ4-2	АОФ42-2	Авт.
243	11 св.	1, 15	1, 5	Корр.